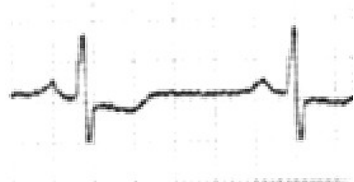


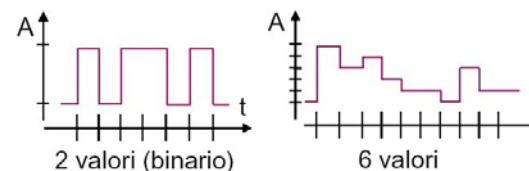
Segnale analogico

- Può assumere qualunque valore (event. in un intervallo).
- È continuo in ampiezza.
- È continuo nello spazio e/o nel tempo.



Segnale digitale

- Può assumere un insieme finito di valori
 - è discreto in ampiezza
- È una sequenza di numeri.
 - è discreto nel tempo (e/o nello spazio)



Trasformazione da analogico a digitale

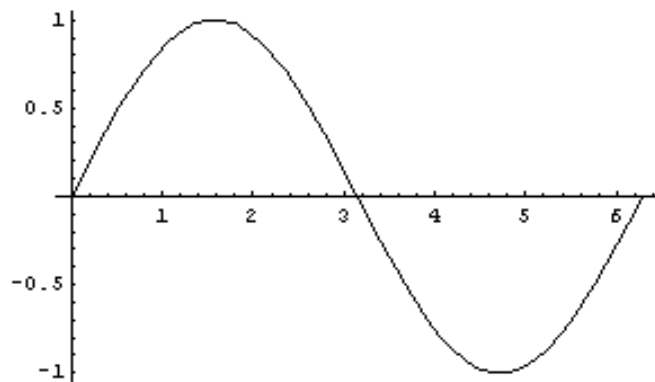
- Abbiamo visto la rappresentazione dei numeri reali.
- Si procede in modo analogo per digitalizzare (discretizzare) grandezze fisiche analogiche: l'operazione si chiama **quantizzazione**.
- Se la grandezza fisica varia in modo continuo nel tempo e/o nello spazio, occorre effettuare anche un'operazione di **campionamento**.

Campionamento

La trasformazione di un segnale da analogico a digitale consiste di due passi:

- **Campionamento**: il segnale viene misurato a intervalli discreti
 - la *frequenza di campionamento* è il numero di campioni rilevati in un intervallo (di spazio o di tempo)
 - se la frequenza di campionamento è troppo bassa si perde una parte del segnale

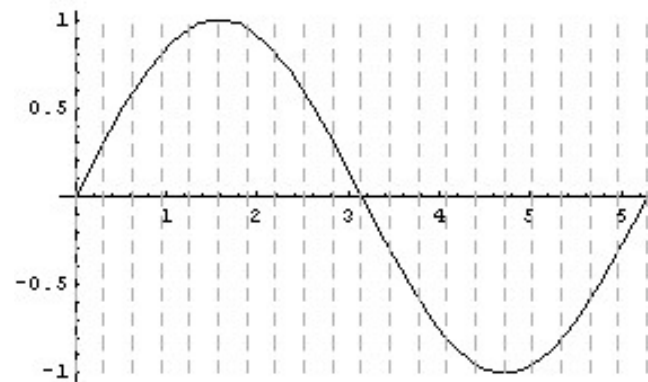
Un segnale analogico



$$y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$$

LEZIONE 5 - RAPPRESENTAZIONE DELL'INFORMAZIONE - II

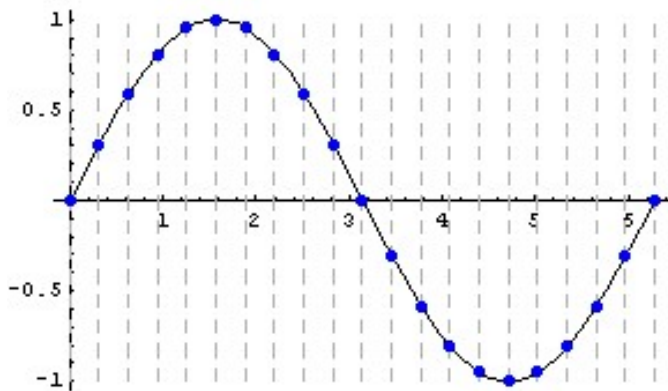
Campionamento (2)



21 campioni su $[0, 2\pi]$: frequenza di campionamento ≈ 3.34

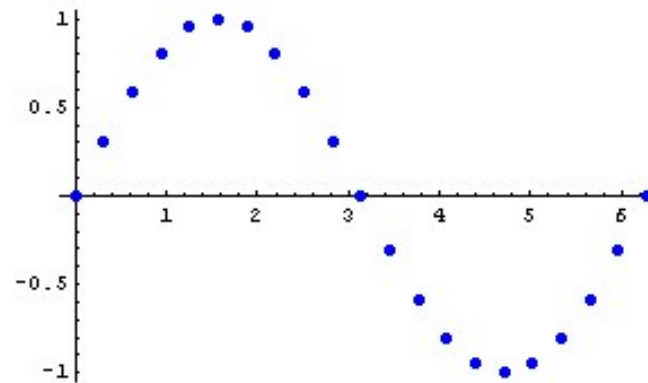
LEZIONE 5 - RAPPRESENTAZIONE DELL'INFORMAZIONE - II

Campionamento (3)



LEZIONE 5 - RAPPRESENTAZIONE DELL'INFORMAZIONE - II

Campionamento (4)



LEZIONE 5 - RAPPRESENTAZIONE DELL'INFORMAZIONE - II

Campionamento (5)

Valori campionati:

$$0, \frac{1}{4}(-1 + \sqrt{5}), \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 - \sqrt{5})}, \frac{1}{4}(1 + \sqrt{5}),$$

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 + \sqrt{5})}, 1, \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 + \sqrt{5})},$$

$$\frac{1}{4}(1 + \sqrt{5}), \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 - \sqrt{5})}, \frac{1}{4}(-1 + \sqrt{5}), 0,$$

$$\frac{1}{4}(1 - \sqrt{5}), -\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 - \sqrt{5})}, \frac{1}{4}(-1 - \sqrt{5}),$$

$$-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 + \sqrt{5})}, -1, -\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 + \sqrt{5})},$$

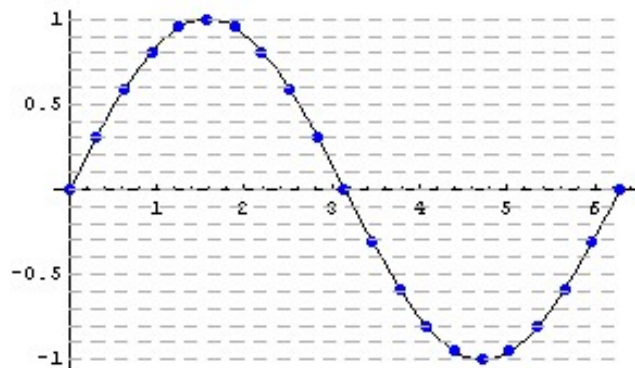
$$\frac{1}{4}(-1 - \sqrt{5}), -\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}(5 - \sqrt{5})}, \frac{1}{4}(1 - \sqrt{5}), 0$$

È possibile trattarli con il calcolatore?

Quantizzazione

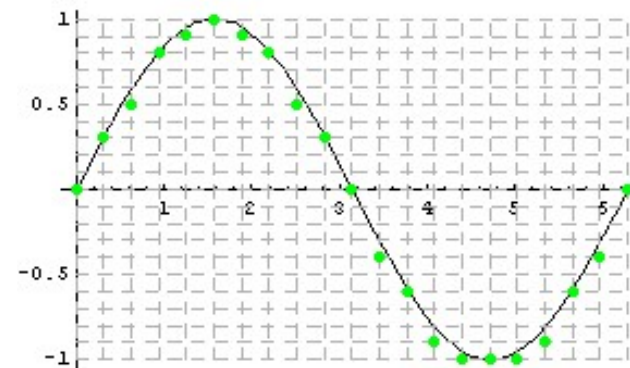
- **Quantizzazione**: i valori possibili che ciascun elemento del campione può assumere sono fissati.
- Ogni elemento del campione viene "arrotondato" in modo da assumere un valore dell'insieme prefissato
 - i **livelli di quantizzazione** sono generalmente fissati a intervalli regolari
 - Se il livelli di quantizzazione sono troppo pochi non si riescono a rappresentare passaggi di valore gradual

Quantizzazione (2)

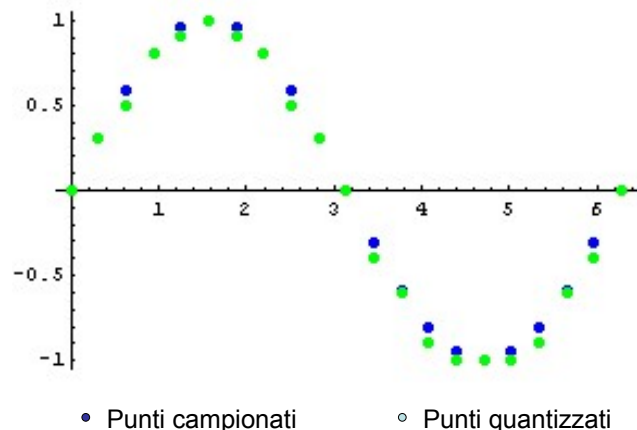


Quantizzazione di [-1, 1] in 20 livelli

Quantizzazione (3)



Quantizzazione (4)

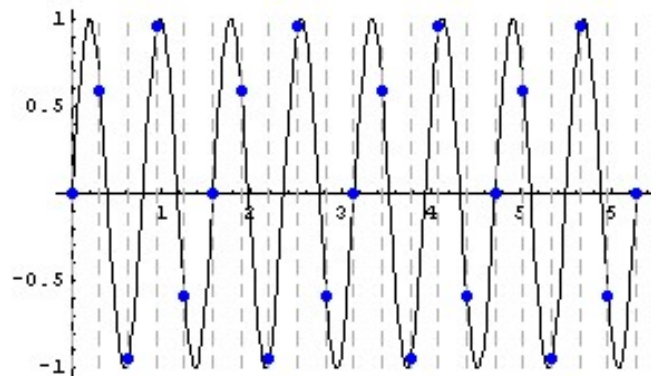


Quantizzazione (5)

Valori campionati quantizzati:

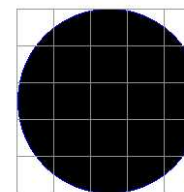
0., 0.3, 0.5, 0.8, 0.9, 1., 0.9, 0.8,
0.5, 0.3, 0., -0.4, -0.6, -0.9, -1., -1.,
-1., -0.9, -0.6, -0.4, 0.

Errato campionamento



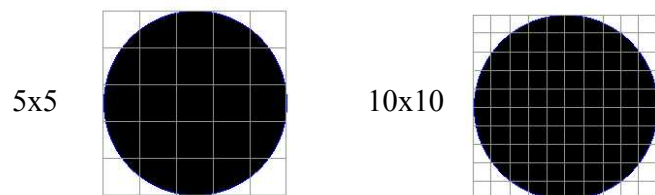
Rappresentazione delle forme

- Le forme sono elementi di tipo analogico, perché costituite da un tratto continuo.
- Per rappresentare in modo digitale una forma la si inscrive in una griglia.



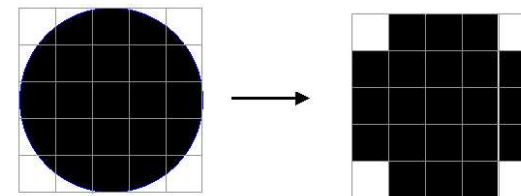
Rappresentazione delle forme

- La densità di celle nella griglia è detta **risoluzione** (o definizione) e si misura in **dpi** (*dot per inch*).
- Più fitta è la griglia, più la digitalizzazione sarà fedele all'originale.



Rappresentazione delle forme

- Ogni elemento della griglia può essere pieno, vuoto, o occupato parzialmente.
- Se è parzialmente pieno, lo si approssimerà alla situazione più vicina (pieno o vuoto)
- Il contenuto delle celle della griglia è l'immagine digitalizzata











Rappresentazione delle forme

- Nel caso di visualizzazione su uno schermo ogni elemento della griglia è detto **pixel** (picture element).
- Se si dedicano n pixel alla rappresentazione di una immagine (in bianco e nero), sono necessari n bit.
- Una qualità di rappresentazione maggiore (griglia più fitta) richiede una occupazione di memoria maggiore.

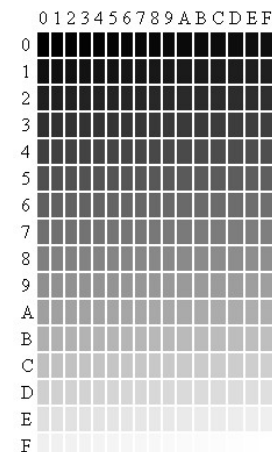
Forme complesse

- Per rappresentare immagini utilizzando gradazioni di grigio, a ogni elemento della griglia viene associata la codifica binaria di un fissato insieme di toni di grigio
- Se la griglia contiene n elementi e si possono utilizzare m toni di grigio, la codifica richiede circa $n \cdot \log_2 m$ bit.

Toni di grigio

	000
	001
	010
	011
	100
	101
	110
	111

Toni di grigio (2)



Rappresentazione dei colori

- Se si vuole aggiungere informazione riguardo ai colori, si dovranno dedicare più bit ad ogni pixel.
- Se dedichiamo m bit per i colori, occorreranno in totale $n \cdot m$ bit per rappresentare una immagine su una griglia di n elementi.

Rappresentazione delle immagini

- Se si usano 8 bit si possono rappresentare 256 livelli di grigio.
- Per i colori, *metodo con tavolozza* (o palette): si codifica un numero finito di colori da cui scegliere per colorare i pixel.
- Se la tavolozza contiene 2^m colori, sono necessari m bit.
- Questa quantizzazione spesso non è sufficiente per mantenere le sfumature presenti nell'originale.

Rappresentazione delle immagini

- Se si vogliono rappresentare immagini complesse, come ad esempio un paesaggio o un ritratto, garantendo una buona risoluzione dell'immagine e una fedeltà cromatica, allora le esigenze in termini di occupazione di memoria crescono molto velocemente.
- Infatti:
 - la tavolozza deve rappresentare la digitalizzazione dello spettro cromatico (grandezza analogica) per poter mantenere le sfumature;
 - la griglia deve essere abbastanza fitta da non perdere i particolari dell'immagine.

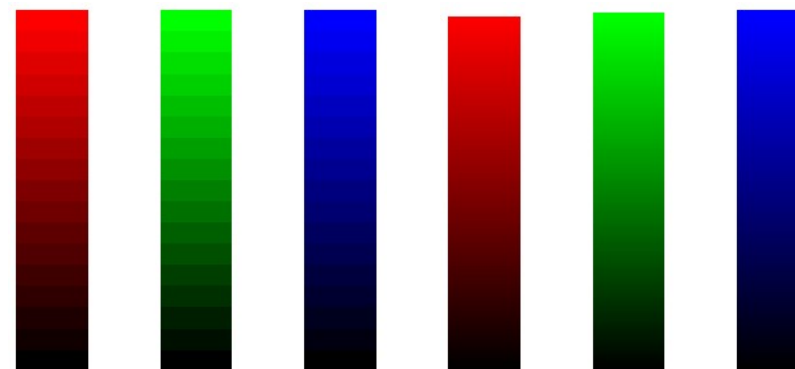
Rappresentazione dei colori

- È possibile ricostruire un colore sommando le lunghezze d'onda di tre colori primari.
- Ad esempio nei monitor le sorgenti luminose sono fosfori colorati: rosso, verde, blu (Red, Green, Blue - RGB).

Rappresentazione delle immagini

- Il metodo RGB (Red Green and Blue) prevede di:
- associare 3 byte ad ogni pixel, uno per il rosso, uno per il verde e uno per il blu
- In totale sono rappresentabili: $2^8 = 256$ sfumature per ciascun colore primario
- Ad ogni pixel sono quindi associati $3 \cdot 8 = 24$ bit, e si possono rappresentare $2^{24} =$ circa 16,8 milioni di colori diversi.
- Il numero di bit per pixel è detto *profondità del colore*.

Colori primari



4 bit per componente

8 bit per componente

Colori composti

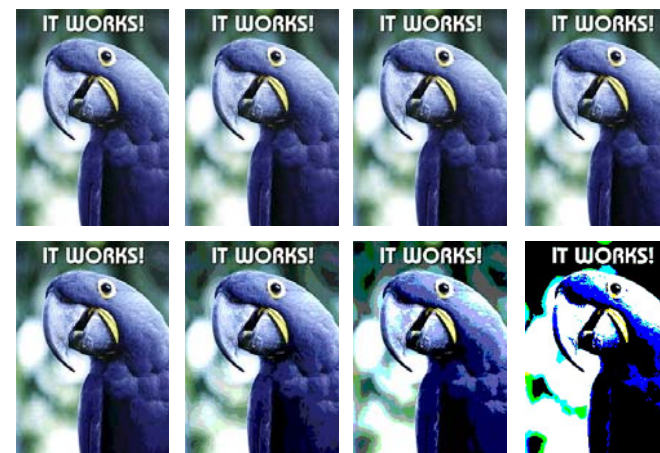
4 bit / colore



8 bit / colore



Da 8 a 1 bit per colore



Gestione della risoluzione

- Per visualizzare uno schermo alla risoluzione di 1024x768 pixel sono necessari 18.874.368 bit, ovvero 2.35 MB
- Le schede video tipicamente in commercio sono capaci di risoluzioni superiori e gestione di colori a 32 bit

Formato bitmap

- Memorizza per ogni pixel della griglia le informazioni relative al colore
- Riproduce le immagini con buona fedeltà a patto di usare un'opportuna risoluzione
- I corrispondenti file tendono ad assumere grandi dimensioni
- File con estensione .bmp

Compressione

- Per evitare una eccessiva occupazione di memoria alcuni metodi **comprimono** le immagini che codificano
- Tali sistemi sono basati su criteri orientati a
 - sostituire parti ridondanti nella rappresentazione (come una sequenza di celle dello stesso colore) con una codifica più compatta (codifiche **lossless**)
 - eliminare parti non rilevanti nella percezione visiva dell'immagine (codifiche **lossy**)

Formato GIF

- Graphic Interchange Format, introdotto nel 1987 dalla CompuServe come standard open
 - Compressione con la codifica lossless **LZW** (Lempel-Ziv-Welch)
 - 8 bit per il colore (i.e. 256 colori in tutto)
 - Adatto alla rappresentazione di immagini semplici
 - Possibilità di gestire animazioni
- File con estensione .gif

Formato PNG

- Portable Network Graphics, introdotto come open standard dopo che nel 1994 si scoprì che l'algoritmo LZW era brevettato
 - Compressione lossy migliore rispetto a GIF
 - 24 bit per il colore
 - Possibilità di gestire animazioni (formato MNG)
- File con estensione .png
- <http://www.libpng.org/pub/png>

Formato JPG

- Joint Photographic Experts Group, introdotto da ISO circa 10 anni fa
 - Compressione lossy molto efficiente (anche 20:1)
 - 24 bit per il colore
 - Adatto a rappresentare immagini ricche di sfumature di colore
- File con estensione .jpg
- <http://www.ijg.org>

Formato TIFF

- Tagged Image File Format
 - Compressione LZW
 - 24 bit per il colore
 - Tende a generare file di grosse dimensioni
- File con estensione .tif
- <http://www.libtiff.org>

Riepilogo



bmp 83 KB



gif 15 KB



png 66 KB



jpg (high) 15 KB



jpg (low) 3 KB



tif 83 KB

Riepilogo (2)



bmp 81 KB



gif 17 KB



png 71 KB



jpg (high) 16 KB



jpg (low) 2 KB



tif 81 KB

Riepilogo (3)



bmp 84 KB



gif 17 KB



png 71 KB



jpg (high) 13 KB



jpg (low) 2 KB



tif 84 KB

Riepilogo (4)



bmp 84 KB



gif 14 KB



png 75 KB



jpg (high) 13 KB



jpg (low) 2 KB



tif 84 KB

Codifiche per il suono

- La digitalizzazione avviene nel dominio delle frequenze
- La frequenza di campionamento è espressa in Khz (migliaia di hertz al secondo)
- I livelli di quantizzazione costituiscono i suoni base diversi che si possono distinguere:
 - 8 bit (256 suoni) per un segnale tipo telefonico
 - 16 bit (circa 65.000 suoni) per una qualità CD
- Anche nel caso del suono i sistemi di codifica includono la compressione delle informazioni, per ridurre la dimensione dei file

Formato WAV

- Basato sulla codifica PCM (Pulse Code Modulation), che memorizza i campioni a intervalli di tempo costante
- All'aumentare della qualità del suono riprodotto aumenta la dimensione del file generato

Formato WAV (2)

Sorgente	Frequenza	Quant.	
CD	44,1 KHz.	16 bit	stereo
Radio	22 KHz.	8 bit	mono
Telefono	8 KHz.	8 bit	mono

Quindi per registrare un segnale di un secondo con qualità CD sono necessari $44100 \times 2 \times 16 = 1411200b \approx 172KB$, che corrisponde a circa 10.9 MB al minuto

Formato AIFF

- Audio Interchange File Format, sviluppato da Apple
 - 8 bit mono o stereo
 - Nessuna compressione

Formato MP3

- Sviluppato a partire dal 1987
- Prevede una compressione anche di 12:1 senza perdita di qualità percettibile
- Richiede mediamente 1MB di spazio per codificare un minuto di musica in qualità CD
- È lo standard de facto per la condivisione di musica su internet

Codifiche multimediali

- Sono multimediali i dati che uniscono segnali provenienti da mezzi eterogenei (tipicamente audio e video)
- Richiedono ovviamente una elevata quantità di spazio
- I formati più diffusi sono
 - MPEG (Moving Picture Expert Group), estensione .mpg
 - .mov (letto dalla applicazione QuickTime, utilizzato per rappresentazione di video)

Riassumendo

- La frequenza di campionamento:
 - nelle immagini: numero di celle per unità di superficie, in genere misurata in punti per pollice(dpi: dot per inch)
 - nel suono è misurata in hz (registrazioni al secondo) o Khz.
- I livelli di quantizzazione:
 - Nelle immagini:
 - 16 milioni di colori - 24 bit
 - 256 colori – 8 bit
 - 64 colori – 6 bit
 - 2 colori – 1 bit
 - Nel suono
 - 256 – 8 bit (codifica usata per la trasmissione sulla rete)
 - 65536 valori – 16 bit (codifica usata nei CD)